

10/523 889

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Rec'd PCT/PTO 07 FEB 2005



REC'D 20 OCT 2003

WIPO

PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 35 808.7

**Anmeldetag:** 05. August 2002

**Anmelder/Inhaber:** Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH,  
Nordrach/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Schleifen eines mit  
einer Längsbohrung versehenen rotations-  
symmetrischen Maschinenbauteils

**IPC:** B 24 B 5/01

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. August 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hintermeier

Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH  
J81261DE

5. August 2002  
F/Le/My/hs

5

**Verfahren und Vorrichtung zum Schleifen eines mit einer Längsbohrung versehenen rotationssymmetrischen Maschinenbauteils**

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen eines mit einer Längsbohrung versehenen rotationssymmetrischen Maschinenbauteils, dessen eine stirnseitige Endfläche als Wirkfläche in der Form eines insbesondere flachen Kegelstumpfmantels mit im Querschnitt geradliniger oder gewölbter Kontur ausgebildet ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

15

Die mit diesem Verfahren zu schleifenden Maschinenbauteile liegen beispielsweise in Getrieben mit stufenlos veränderlicher Übersetzung vor, wie sie in Kraftfahrzeugen benötigt werden. Dabei stehen sich zwei Maschinenbauteile mit einander zugewandten Wirkflächen gegenüber. Die Wirkflächen bilden somit einen Ringraum mit annähernd keilförmigem Querschnitt, in dem ein Zugglied wie beispielsweise eine Kette oder ein Riemen je nach der Entfernung der Wirkflächen voneinander zwischen unterschiedlichen Radien hin- und herwandert. Da ein derartiges Getriebe sehr exakt arbeiten und große Drehmomente übertragen muß, werden an die Maßhaltigkeit und die Oberflächenqualität der Maschinenbauteile hohe Anforderungen gestellt. Das gilt auch für die zugehörigen Schleifvorgänge, insbesondere beim Schleifen der Wirkfläche.

25

30

Das eingangs genannte Verfahren wird nach dem aus der betrieblichen Praxis bekannten Stand der Technik in Einzeloperationen, das heißt in mehreren Aufspannungen, durchgeführt. Hierbei wird die Wirkfläche mittels Korundschleifscheiben im Schrägeinstechverfahren geschliffen. Zum Innenrundscheifen der an dem Maschinenbauteil befindlichen Längsbohrung muß sodann das Maschinenbauteil in einer anderen Maschine aufgespannt werden, wo mit einer entsprechend kleinen Schleifscheibe das Innenrundscheifen der Bohrungswandung erfolgen kann.

Das bekannte Verfahren weist verschiedene Nachteile auf. Zunächst sind Schleifscheiben von Kegelform oder mit stark abgestuftem Durchmesser erforderlich, die schwierig herzustellen und abzurichten sind. Bei derartigen Schleifscheiben mit Umfangsbereichen von stark unterschiedlichem Durchmesser sind auch die Umfangsgeschwindigkeiten der schleifenden Bereiche unterschiedlich. Das bedeutet, dass die entscheidende Schnittgeschwindigkeit an der Schleifstelle unterschiedlich sein muß und daher nicht überall optimal sein kann. Das führt im Ergebnis zu Bereichen von unterschiedlichen Rauigkeit, die sich insbesondere bei der in der Form eines flachen Kegelstumpfmantels ausgeführten Wirkfläche sehr nachteilig auswirkt. Schließlich ergeben sich auch Probleme bei der Kühlung mittels der üblichen Emulsionen und Schleiföle. Beim Schrägeinsteichschleifen entsteht nämlich an der Schleifstelle ein sich verengender Keil, dem der Kühlschmierstoff nicht optimal zugeführt werden kann. Das Ergebnis ist somit eine ungleichmäßige Kühlung der Schleifstelle. Auf alle diese Schwierigkeiten ist es zurückzuführen, dass man das eingangs genannte bekannte Verfahren bisher mit Korundschleifscheiben durchgeführt hat, die eine wesentlich geringere Standzeit haben und öfter abgerichtet werden müssen als die inzwischen weit verbreiteten CBN-Scheiben.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem die Bearbeitungszeit verkürzt und dennoch ein besseres Schleifergebnis erzielt wird.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht gemäß den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 aufgeführten Verfahrensschritten darin, dass an dem einseitig an seinem Außenumfang gehaltenen Maschinenbauteil zuerst die Wirkfläche geschliffen wird, indem eine erste Schleifscheibe von im Allgemeinen zylindrischer Grundform und geradliniger oder angepasst gewölbter Umfangskontur senkrecht gegen die Wirkfläche angestellt wird, wobei die axiale Erstreckung der ersten Schleifscheibe die radiale Schrägerstreckung der Wirkfläche überdeckt, und dass sodann in derselben Aufspannung die Innenwand der Längsbohrung geschliffen wird, indem eine zweite Schleifscheibe von kleinerem Durchmesser in die Längsbohrung des Maschinenbauteils eingebracht und radial gegen die Innenwand angestellt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verbleibt somit das zu schleifende Maschinenbauteil in einer einzigen Aufspannung, in der sämtliche Schleifvorgänge vorgenommen werden. Das wird ermöglicht, indem zuerst eine erste Schleifscheibe von im Allgemeinen zylindrischer Grundform und geradliniger oder angepasst gewölbter Umfangskontur senkrecht gegen die Wirkfläche angestellt wird und danach eine zweite Schleifscheibe von kleinerem Durchmesser in die Längsbohrung des Maschinenbauteils eingebracht und radial gegen die Innenwand angestellt wird. Die Möglichkeiten, zwei unterschiedliche Schleifscheiben an unterschiedlichen Bearbeitungsflächen ein und desselben Werkstücks zur Wirkung zu bringen, sind dabei dem Fachmann allgemein bekannt.

Als Besonderheit kommt bei der erfindungsgemäßen Lösung hinzu, dass die erste Schleifscheibe senkrecht gegen die geneigt verlaufende Wirkfläche angestellt wird, wobei die axiale Erstreckung oder die Breite der ersten Schleifscheibe die radiale Schrägerstreckung der Wirkfläche überdeckt.

Die erste Schleifscheibe von im allgemeinen zylindrischer Grundform wird bei einer Wirkfläche mit im Querschnitt geradliniger Kontur ebenfalls eine im Querschnitt geradlinige Außenkontur haben. Wenn die Wirkfläche gewölbt ist, muß auch die Schleifscheibe bei zylindrischer Grundform im Querschnitt eine leicht gewölbte, angepasste Kontur haben. Die in der Praxis vorkommenden Wölbungen sind dabei gering.

Die erste Schleifscheibe wird somit mit ihrer rotierenden Umfangsfläche senkrecht gegen die Wirkfläche des Maschinenbauteils gestellt. Damit wird die Wirkfläche mit der zylindrischen Umfangsfläche der Schleifscheibe im Senkrecht-Schleifverfahren geschliffen, wobei durch eine gegenseitige Relativverschiebung die Zustellung bewirkt wird.

Als Vorteil ergibt sich eine gleichbleibende Schnittgeschwindigkeit über die gesamte Breite der Schleifscheibe. Damit ist eine erhöhte Oberflächengüte und Oberflächenstruktur gewährleistet. Hinzu kommt, dass optimierte Abrichtparameter beim Abrichten der Schleifscheibe erhalten werden, weil beim Abrichten dieselben Parameter, nämlich eine

identische Abrichtgeschwindigkeit wie beim Schleifen sowie gleiche Drehzahlverhältnisse und Vorschubwerte erreicht werden. Weil die Schnittgeschwindigkeit der Schleifscheibe über die Wirkfläche gleich bleibt, ist auch die erzielbare Oberflächenrauigkeit gleichbleibend. Durch die gleiche Schnittgeschwindigkeit der Schleifscheibe über die komplette „Kegelfläche“ können auch optimale Werte für das Zerspanvolumen pro Zeiteinheit erreicht werden.

Beim Schrägeinstechschleifen dagegen ist dies nicht der Fall. Geht man beim Außendurchmesser der kegelförmigen Wirkfläche von einem Wert von beispielsweise 190 mm aus und einem an die Wirkfläche anschließenden mittleren Durchmesser (im Bereich der Längsbohrung) von etwa 40 mm, so ändert sich die Werkstückgeschwindigkeit durch die Rotation des Werkstückes während des Schleifens um den Faktor 4,75. Die Höhe der Kegelfläche beträgt somit ca. 75 mm.

Bei einem angenommenen Durchmesser der Korundschleifscheibe von 750 mm beträgt dann die Schnittgeschwindigkeit am Außendurchmesser der Kegelfläche ca. 80 % der Schnittgeschwindigkeit der Schleifscheibe am kleinen Durchmesser der Kegelfläche. Dies ist gegenläufig zum Zerspanvolumen, da dieses am großen Durchmesser an der Kegelfläche am größten ist. Dadurch wird durch die senkrecht angestellte Schleifscheibe auf die Kegelfläche das Schnittgeschwindigkeitsverhältnis zum Zerspanvolumen, das über die Kegelfläche abgetragen werden muß, wesentlich verbessert.

Es ergeben sich weiterhin deutlich verbesserte Verhältnisse beim Kühlen der Schleifzone, weil beim Schleifen der Wirkfläche praktisch dieselben Verhältnisse wie beim Senkrechtschleifen vorliegen, so dass eine gleichbleibende schmale Kühlzone vorliegt, der der Kühlschmierstoff gut zugeführt werden kann und die er auch schnell wieder verlässt.

Wie schon gesagt, muß bei einer im Querschnitt gewölbten Kontur der Wirkfläche auch eine erste Schleifscheibe mit einer angepasst gewölbten Umfangskontur verwendet werden. Damit ergeben sich zwar über die axiale Erstreckung der ersten Schleifscheibe Unterschiede in der Schnittgeschwindigkeit, die indessen gering bleiben; denn die Wirkflächen der hier zu schleifenden Maschinenbauteile sind nur in einem geringeren

Umfang konkav oder konvex gewölbt. Der nunmehr noch vorhandene und in der Axialrichtung der ersten Schleifscheibe vorliegende Unterschied in der Schnittgeschwindigkeit ist jedenfalls sehr viel geringer als beim Schrägeinsteichschleifen nach dem Stand der Technik.

5

Insgesamt ergeben sich derartige Vorteile, dass das erfindungsgemäße Schleifverfahren bestens mit keramisch gebundenem CBN-Schleifscheiben durchgeführt werden kann. Insgesamt wird eine deutlich verkürzte Taktzahl auf modernen Bearbeitungsmaschinen bei gleichzeitig erheblich verbessertem Schleifergebnis erzielt.

10

Grundsätzlich ist es zwar möglich, dass die erste Schleifscheibe in streng radialer Richtung an die zu schleifende Wirkfläche des Maschinenbauteils angestellt werden kann, indem die erste Schleifspindel quer zu ihrer Längserstreckung und in schräger Richtung auf das Maschinenteil zu bewegt wird. Das Maschinenbauteil müsste in diesem Fall an einer gleichbleibenden Stelle des zugehörigen Maschinenbettes angeordnet sein. Die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Vorrichtung wird jedoch einfacher, wenn gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Schleifen der Wirkfläche die Zustellung erfolgt, indem die erste Schleifscheibe und das Maschinenbauteil in Richtung von dessen Rotations- und Längsachse relativ zueinander bewegt werden. Von dieser Bewegung entfällt auf die Schleifstelle an der Wirkfläche nur eine schräg gerichtete Komponente, die aber nur um einen geringen Betrag von der Richtung der Längsachse abweicht, so dass fast noch ein Senkrechtschleifen im üblichen Sinne vorliegt. Es ergibt sich eine geringere Kraftkomponente in radialer Richtung der Wirkfläche, so dass mit optimierten Vorschüben beim Schleifen der Lauffläche gearbeitet werden kann. Auch dadurch wird die Schleifzeit verringert, und es ergeben sich dennoch verbesserte Genauigkeiten im Schleifzustand der Wirkfläche.

20

25

Das anschließende Innenschleifen der Längsbohrung kann durch Längsschleifen vorgenommen werden. Dabei kommt auch die Verfahrensweise des Schälenschleifens in Frage, bei dem sofort auf den Enddurchmesser geschliffen wird. Es ist aber auch möglich, dass die Innenwand der Längsbohrung durch Einstechschleifen geschliffen wird.

30

9

Das letzte Verfahren kommt besonders dann in Frage, wenn gemäß einer weiteren vorteilhaften Verfahrensvariante von der Innenwand der Längsbohrung einzelne axiale Abschnitte geschliffen werden.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren wird auf besonders einfache Weise durchgeführt, wenn die erste und die zweite Schleifscheibe durch Verschieben und Verschwenken einer oder zweier die Schleifscheiben tragenden Schleifspindeln in ihre Wirkstellung gebracht werden. So kann zum Beispiel an einer einzigen Schleifscheibe an jedem Ende eine Schleifscheibe angebracht sein, von denen die eine als erste Schleifscheibe zum Schleifen der Wirkfläche dient, während die andere als zweite Schleifscheibe mit kleinem Durchmesser zum Innenrundscheifen in der Längsbohrung des Maschinenbauteils vorgesehen ist.

- 15 Bei einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind jedoch mindestens drei Schleifscheiben vorgesehen, die durch Verschieben und/oder Verschwenken von drei Schleifspindeln in ihre Wirkstellung gebracht werden. Durch das in dieser Weise erweiterte Verfahren können weitere Schleifvorgänge durchgeführt werden, oder es kann zum Beispiel das Innenrundscheifen auch in den üblichen Stufen des Vor- und Fertigschleifens erfolgen.

20

- Schließlich ist die Reihenfolge nichts zwingend, wonach zuerst die Wirkfläche des Maschinenbauteils und sodann die Innenwände der Längsbohrung geschliffen werden. Auch die umgekehrte Reihenfolge ist grundsätzlich möglich. Der Schleiffachmann wird die Reihenfolge der Vorgänge je nach der Gestaltung des Maschinenbauteils festlegen, weil hierbei die Höhe der Erwärmung beim Schleifen sowie die Art des Einspannens von Bedeutung ist.

- 30 Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Schleifen eines rotationssymmetrischen Maschinenbauteils der eingangs schon im Zusammenhang mit dem Verfahren erwähnten bekannten Art. Sie besteht in einer Vorrichtung zum Schleifen eines mit einer Längsbohrung versehenen rotationssymmetrischen Maschinenbauteils, dessen eine stirnseitige Endfläche als Wirkfläche in der Form eines insbesondere flachen

Kegelstumpfmantels mit im Querschnitt geradliniger oder gewölbter Kontur ausgebildet ist, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

- 5 - mit einer Spanneinrichtung zum einseitigen Einspannen des Maschinenbauteils an seinem Außenumfang und zu seinem Drehantrieb,
- mit einem Schleifspindelschlitten, der in einer quer zu der Rotations- und Längsachse des Maschinenbauteils verlaufenden Richtung verfahrbar ist,
- 10 - mit einer Einrichtung zur gegenseitigen Längsverschiebung des Maschinenbauteils und des Schleifspindelschlittens in einer Richtung parallel zu der Rotations- und Längsachse des Maschinenbauteils,
- 15 - mit einem Schleifspindelstock, der über eine senkrecht zu der Verschiebungsebene des Schleifspindelschlittens verlaufende Schwenkachse an diesem befestigt ist und mindestens zwei jeweils für sich in Wirkstellung schwenkbare Schleifspindeln trägt,
- 20 - mit einer an der ersten Schleifspindel angeordneten und durch diese angetriebenen ersten Schleifscheibe, die zum Schleifen der an dem Maschinenbauteil befindlichen Wirkfläche bestimmt und an diese angepasst ist sowie eine axiale Erstreckung aufweist, die größer ist als die radiale Schrägerstreckung der Wirkfläche,
- 25 - und mit einer an der zweiten Schleifspindel angeordneten und durch diese angetriebenen zweiten Schleifscheibe, die einen kleineren Durchmesser als die erste Schleifscheibe aufweist und zum Innenrunds Schleifen der Längsbohrung des Maschinenbauteils bestimmt ist.

30 Wird beim Betreiben dieser Vorrichtung nach dem eingangs beschriebenen Verfahren vorgegangen, so wird zunächst der Schleifspindelschlitten in der richtigen Weise an das eingespannte Maschinenbauteil herangefahren und der Schleifspindelstock derart gedreht, dass die erste Schleifspindel mit der grundsätzlich zylindrischen Umfangsfläche der an ihr



angebrachten ersten Schleifscheibe an die Wirkfläche des Maschinenbauteils angestellt ist. Die erste Schleifspindel muß hierbei eine Winkelstellung gegenüber der Rotations- und Längsachse des Maschinenbauteils einnehmen, die weniger als  $90^\circ$  beträgt. Sodann kann die Wirkfläche durch die erste Schleifscheibe im Senkrechtschleifverfahren, das heißt mit  
5 dessen bekannten Vorteilen geschliffen werden. Anschließend wird der Schleifspindelschlitten quer zur Rotations- und Längsachse des Maschinenbauteils etwas nach außen gefahren und der auf dem Schleifspindelschlitten befindliche Schleifspindelstock um seine Schwenkachse verdreht, bis die Rotationsachse der zweiten Schleifspindel mit der zugehörigen zweiten Schleifscheibe etwa in der Rotations- und  
10 Längsachse des Maschinenbauteils liegt. Die zweite Schleifscheibe wird sodann in die Längsbohrung des Maschinenbauteils eingefahren und radial zugestellt, so dass das Innenrundscheifen der Längsbohrung vorgenommen wird. Auf diese Weise sind alle notwendigen Schleifvorgänge an dem Maschinenbauteil in einer einzigen Aufspannung erledigt. Voraussetzung ist allerdings in jedem Fall eine erste Schleifscheibe, deren  
15 Axialerstreckung oder -breite größer ist als die Schrägerstreckung der Wirkfläche, weil nur dadurch das Senkrechtschleifverfahren der Wirkfläche mit allen seinen Vorteilen erfolgen kann.

Eine konstruktiv vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht  
20 darin, dass bei der Anordnung von zwei Schleifspindeln an dem Schleifspindelstock deren Achsen parallel zueinander verlaufen und die beiden Schleifscheiben an derselben Seite des Schleifspindelstocks angebracht sind. Auf diese Weise ergibt sich ein Wechsel zwischen den beiden Bearbeitungsvorgängen mit nur geringen Verschiebe- und Schwenkwegen des Schleifspindelstocks.

25

Sind weitere Schleifvorgänge durchzuführen oder soll einer der Einzelvorgänge in mehreren Stufen erfolgen, so kann es vorteilhaft sein, wenn gemäß einer weiteren Ausbildung an dem Schleifspindelstock drei Schleifspindeln im Winkelabstand von jeweils  
120° mit je einer Schleifscheibe angebracht sind. Hierbei wird dann wahlweise jeweils  
30 eine der drei Schleifspindeln in die Wirkstellung gebracht.

Vorteilhaft ist die Spanneinrichtung ein Spannfutter mit zentral verstellbaren Spannbacken, das auch zur Rotation angetrieben wird. Derartige Spannfutter haben sich als zuverlässig bewährt und sind bekannt.

5    Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist es vorteilhaft, wenn die Spanneinrichtung sich auf einem Schleiftisch befindet, der gegenüber dem Schleifspindelschlitten in der Rotations- und Längsachse des Maschinenbauteils verfahrbar ist. Die Zustellbewegung beim Schleifen der Wirkfläche wird dann vorgenommen, indem der Schleiftisch mit dem Maschinenbauteil gegenüber der ersten Schleifscheibe in Längsrichtung des  
10    Maschinenbauteils verfahren wird. Zumindest bei einer Wirkfläche mit geradliniger Kontur kann dabei der Schleifspindelstock stillstehend sein. Ist die Kontur der Wirkfläche gewölbt, so ist ein geringfügiges Nachstellen auch des Schleifspindelstocks und/oder des Schleifspindelschlittens beim Schleifen erforderlich, was aber bei den heute üblichen CNC-Schleifmaschinen keine Probleme bietet.

15

Die Erfindung wird anschließend in einem Ausführungsbeispiel anhand von Figuren noch näher erläutert. Die Figuren zeigen das Folgende:

20

Figur 1 ist eine Ansicht von oben auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung in einer ersten Bearbeitungsphase.

Figur 2 stellt eine der Figur 1 entsprechende Ansicht in der darauffolgenden Bearbeitungsphase dar.

25

Figur 3 hat eine Schnittdarstellung des zu schleifenden Maschinenbauteils zum Gegenstand.

Figur 4 erläutert die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der ersten Bearbeitungsphase.

30

Figur 5 ist die der Figur 4 entsprechende Darstellung der zweiten Bearbeitungsphase.

Figur 1 erläutert zunächst schematisch die erfindungsgemäße Vorrichtung, mit der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann. Hierbei ist eine Vorrichtung zum Schleifen des Maschinenbauteils in der Ansicht von oben gezeigt. Auf einem Maschinenbett 1 befindet sich ein Werkstückspindelstock 2. Dieser ist mit einem Spannfutter 3 versehen, das zur Drehung angetrieben ist und an dem sich vier Spannbacken 4 befinden, die zentral gesteuert werden. Mit 5 ist das zu schleifende Maschinenbauteil bezeichnet, das anschließend noch genauer erläutert wird.

Der Werkstückspindelstock 2 hat eine Längsachse 6, die zugleich die Drehachse des Spannfutters 3 bedeutet. Wenn das Maschinenbauteil 5 in dem Spannfutter eingespannt ist, so haben der Werkstückspindelstock und das Maschinenbauteil 5 eine übereinstimmende gemeinsame Rotations- und Längsachse.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Werkstückspindelstock 2 an einem Schleiftisch 7 befestigt. Zusammen mit dem Werkstückspindelstock 2 wird der Schleiftisch 7 in Richtung der Längsachse 6 verfahren, die zugleich die übliche Z-Achse im Sinne einer CNC-Steuerung ist.

Auf dem Maschinenbett 1 befindet sich weiterhin ein Schleifspindelschlitten 9, der mittels eines Verstellmotors 8 in einer Richtung quer zu der Längsachse 6 des Werkstückspindelstocks 2 verfahren werden kann. An dem Schleifspindelschlitten 9 ist ein Schleifspindelstock 10 um eine Schwenkachse 11 verschwenkbar angeordnet. Die Schwenkrichtung ist durch den Drehpfeil B angedeutet. Die Schwenkachse steht senkrecht auf dem Schleifspindelschlitten 9 und wird damit im Normalfall lotrecht verlaufen.

25

An dem Schleifspindelstock befinden sich eine erste Schleifspindel 12 und eine zweite Schleifspindel 13. Die Dreh- und Antriebsachsen der beiden Schleifspindeln verlaufen parallel. An der Schleifspindel 12 ist eine erste Schleifscheibe 14 befestigt. Die Schleifspindel 13 ist mit einer zweiten Schleifscheibe 16 ausgestattet, die auf einem Schleifdorn 15 befestigt ist. Wie die Figur 1 deutlich zeigt, sind die erste Schleifscheibe 14 und die zweite Schleifscheibe 16 beide auf derselben Seite des Schleifspindelstocks 10 angeordnet.

30

In Figur 1 ist die erste Bearbeitungsphase des Schleifvorganges dargestellt, in der die erste Schleifscheibe 14 mit ihrer Umfangsfläche an der zu schleifenden Wirkfläche des Maschinenbauteils 5 anliegt.

5

Figur 2 hingegen stellt bei sonst gleicher Ansicht die zweite Bearbeitungsphase dar, in der die Achse der zweiten Schleifscheibe 16 in Abstand parallel zur Längsachse 6 des Werkstückspindelstocks 2 verläuft.



10

Um von der Stellung gemäß Figur 1 in die Stellung gemäß Figur 2 zu gelangen, muß zunächst der Schleifspindelschlitten 9 in Richtung der X-Achse, also quer zur Richtung der Längsachse 6, etwas nach außen gefahren werden. Sodann kann der Schleifspindelstock 10 auf dem Schleifspindelschlitten 9 um einen Winkel von etwas mehr als  $90^\circ$  verschwenkt werden, wonach die zweite Schleifspindel 13 mit der zweiten Schleifscheibe 16 die aus Figur 2 ersichtliche Stellung einnimmt. Die Schwenkbewegung ist auch in Figur 2 wieder durch den Drehpfeil B angedeutet.

15

Figur 3 zeigt das zu schleifende Maschinenbauteil 5 in einer vergrößerten Schnittansicht. Das Maschinenbauteil ist rotationssymmetrisch zu der Rotations- und Längsachse 17. Es besteht aus einem Nabenteil 18 und einem Kegelflansch 19 und ist auf seiner gesamten Länge von der Längsbohrung 20 durchsetzt.

20



Die Längsbohrung kann abgestuft sein, so dass nicht auf der gesamten Länge geschliffen werden muß. Im allgemeinen reicht es, wenn die Längsbohrung auf den axialen Abschnitten 21, 22 und 23 geschliffen wird. Der Kegelflansch 19 ist an seiner großen Stirn- und Endfläche nach Art eines flachen Kegelstumpfes ausgebildet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel hat die Stirnfläche, die zugleich eine Wirkfläche 24 ist, eine lineare Kontur. Diese Kontur kann jedoch auch konkav oder konvex gewölbt sein.

25

30

Das dargestellte Maschinenbauteil dient als Kegelscheibe in einem stufenlosen Getriebe; im zusammengebauten Zustand gleitet auf der Wirkfläche 24 eine Kette, ein Riemen oder dergleichen. Dabei stehen sich zwei Wirkflächen 24 gegenüber; durch Ändern des

gegenseitigen Abstandes kann der Radius, auf dem die Kette oder der Riemen gleitet, verändert werden, wodurch sich unterschiedliche Übersetzungsverhältnisse ergeben. Somit wird deutlich, wie wichtig das genaue und sorgfältige Schleifen der Wirkfläche 24 für die Funktion des fertigen stufenlosen Getriebes ist.

5

Das in Figur 3 dargestellte Maschinenbauteil weist eine zylindrische Spannfläche 25 und ebene Anschlagfläche 26 auf, die zum Einspannen in dem schon erwähnten Spannfutter 3 dienen. Die Spannbacken 4 umschließen dabei die zylindrische Spannfläche 25, während der Axialanschlag durch die Anschlagfläche 26 auf die Spannbacken 4 gewährleistet ist. Das Maschinenbauteil 5 ist damit einseitig außen gespannt, so dass die gesamte Stirnfläche, die sich in Figur 3 auf der rechten Seite befindet, und vor allem die Wirkfläche 24 für die Bearbeitung frei sind. Außerdem kann eine kleine Schleifscheibe in die Längsbohrung 20 zum Zwecke des Innenschleifens eingeführt werden.

15 In Figur 4 ist die erste Bearbeitungsphase dargestellt, in der die Wirkfläche 24 des Maschinenbauteils 5 durch Senkrechtschleifen geschliffen wird.

Hierbei wird zunächst – wie schon erwähnt – das Maschinenbauteil 5 zwischen die Spannbacken 4 des Spannfutters 3 eingespannt. Die Werkstückspindel wird sodann zur Drehung angetrieben, in der Regel durch einen drehzahlgeregelten Elektromotor. Damit rotiert das Maschinenbauteil 5 um seine Rotations- und Längsachse 17, die nunmehr mit der Längsachse 6 des Werkstückspindelstocks 2 identisch ist.

Die erste Schleifspindel 12 mit der ersten Schleifscheibe 14 hat die schon anhand von Figur 1 beschriebene Stellung. Indem nun der Maschinentisch 7 mit dem Werkstückspindelstock 2 in Richtung der Z-Achse in Figur 4 nach rechts verschoben wird, ergibt sich die Zustellung der rotierenden ersten Schleifscheibe gegen die Wirkfläche 24 des Maschinenbauteils 5. Die axiale Erstreckung 28 der zweiten Schleifscheibe 14 ist etwas größer als die radiale Schrägerstreckung des Maschinenbauteils 5. Somit wird die gesamte Wirkfläche 24 durch die erste Schleifscheibe 14 im Senkrechtschleifverfahren mit den eingangs beschriebenen Vorteilen geschliffen.

Wenn – wie dargestellt – die äußere Kontur der Wirkfläche 24 eine Gerade ist, kann beim Verfahren des Schleiftisches 7 der Schleifspindelstock 10 zusammen mit dem Schleifspindelschlitten 9 stillstehen. Es ergibt sich beim Schleifen eine leichte Querkomponente in Richtung der Berührungslinie 27, die indessen nicht weiter schadet. Ist  
5 hingegen die Kontur der Wirkfläche 24 gewölbt, so muß auch die erste Schleifscheibe 14 eine entsprechend angepasst gewölbte Kontur haben, und es wird unter Umständen erforderlich, Schleifspindelschlitten 9 und Schleifspindelstock 10 in geeigneter Weise nachzuführen. Das bereitet bei den heute üblichen CNC-gesteuerten Maschinen jedoch keine Schwierigkeit.

10

Die erste Schleifscheibe 14 ist eine keramisch gebundene CBN-Scheibe, die lange Standzeiten gewährleistet.

15

Figur 5 veranschaulicht die zweite Bearbeitungsphase, die der Ansicht gemäß Figur 2 entspricht. In der Darstellung gemäß Figur 5 ist die zweite Schleifscheibe 16 bereits in die Längsbohrung 20 eingefahren und bearbeitet den axialen Abschnitt 21 der Längsbohrung 20. Die Drehachse der zweiten Schleifscheibe 16 befindet sich im Abstand parallel zur gemeinsamen Längsachse 6 des Werkstückspindelstocks 2 und des Maschinenbauteils 5. In dieser Phase wird ein Innenrunds Schleifen an den Abschnitten 21, 22 und 23 der  
20 Längsbohrung 20 vorgenommen, wobei dieses Runds Schleifen als Längsschleifen, Schäl Schleifen oder Einstechschleifen erfolgen kann.

**Bezugsziffernliste**

	1	Maschinenbett
	2	Werkstückspindelstock
5	3	Spannfutter
	4	Spannbacken
	5	Maschinenbauteil
	6	Längsachse
	7	Schleiftisch
10	8	Verstellmotor
	9	Schleifspindelschlitten
	10	Schleifspindelstock
	11	Schwenkachse
	12	erste Schleifspindel
15	13	zweite Schleifspindel
	14	erste Schleifscheibe
	15	Schleifdorn
	16	zweite Schleifscheibe
	17	Rotations- und Längsachse
20	18	Nabenteil
	19	Kegelflansch
	20	Längsbohrung
	21	axialer Abschnitt
	22	axialer Abschnitt
25	23	axialer Abschnitt
	24	Wirkfläche
	25	Spannfläche
	26	Anschlagfläche
	27	Berührungslinie
30	28	axiale Erstreckung

Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH  
J81261DE

5. August 2002  
F/Le/My/hs

5

### Patentansprüche

10

15

20

25

30

1. Verfahren zum Schleifen eines mit einer Längsbohrung (20) versehenen rotationssymmetrischen Maschinenbauteils (5), dessen eine stirnseitige Endfläche als Wirkfläche (24) in der Form eines insbesondere flachen Kegelstumpfmantels mit im Querschnitt geradliniger oder gewölbter Kontur ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass an dem einseitig an seinem Außenumfang gehaltenen Maschinenbauteil (5) zuerst die Wirkfläche (24) geschliffen wird, indem eine erste Schleifscheibe (14) von im Allgemeinen zylindrischer Grundform und geradliniger oder angepasst gewölbter Umfangskontur senkrecht gegen die Wirkfläche (24) angestellt wird, wobei die axiale Erstreckung (28) der ersten Schleifscheibe (14) die radiale Schrägerstreckung der Wirkfläche (24) überdeckt, und dass sodann in derselben Aufspannung die Innenwand der Längsbohrung (20) geschliffen wird, indem eine zweite Schleifscheibe (16) von kleinerem Durchmesser in die Längsbohrung (20) des Maschinenbauteils (5) eingebracht und radial gegen die Innenwand angestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Schleifen der Wirkfläche (24) die Zustellung erfolgt, indem die erste Schleifscheibe (14) und das Maschinenbauteil (5) in Richtung von dessen Rotations- und Längsachse (17) relativ zueinander bewegt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand der Längsbohrung (20) durch Längsschleifen geschliffen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand der Längsbohrung (20) durch Schälsschleifen geschliffen wird.



5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand der Längsbohrung (20) durch Einstechschleifen geschliffen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Innenwand der Längsbohrung (20) einzelne axiale Abschnitte (21, 22, 23) geschliffen werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Schleifscheibe (14, 16) durch Verschieben und Verschwenken einer oder zweier die Schleifscheiben (14, 16) tragenden Schleifspindeln (12, 13) in ihre Wirkstellung gebracht werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens drei Schleifscheiben durch Verschieben und/oder Verschwenken von drei Schleifspindeln in ihre Wirkstellung gebracht werden.
9. Vorrichtung zum Schleifen eines mit einer Längsbohrung (20) versehenen rotationssymmetrischen Maschinenbauteils (5), dessen eine stirnseitige Endfläche als Wirkfläche (24) in der Form eines insbesondere flachen Kegelstumpfmantels mit im Querschnitt geradliniger oder gewölbter Kontur ausgebildet ist, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
- mit einer Spanneinrichtung zum einseitigen Einspannen des Maschinenbauteils (5) an seinem Außenumfang und zu seinem Drehantrieb,
  - mit einem Schleifspindelschlitten (9), der in einer quer zu der Rotations- und Längsachse (17) des Maschinenbauteils (5) verlaufenden Richtung verfahrbar ist,

- mit einer Einrichtung zur gegenseitigen Längsverschiebung des Maschinenbauteils (5) und des Schleifspindelschlittens (9) in einer Richtung parallel zu der Rotations- und Längsachse (17) des Maschinenbauteils (5),
- 5     - mit einem Schleifspindelstock (10), der über eine senkrecht zu der Verschiebungsebene des Schleifspindelschlittens (9) verlaufende Schwenkachse (11) an diesem befestigt ist und mindestens zwei jeweils für sich in die Wirkstellung schwenkbare Schleifspindeln (12, 13) trägt,
- 10     - mit einer an der ersten Schleifspindel (12) angeordneten und durch diese angetriebenen ersten Schleifscheibe (14), die zum Schleifen der an dem Maschinenbauteil (5) befindlichen Wirkfläche (24) bestimmt und an diese angepasst ist sowie eine axiale Erstreckung (28) aufweist, die größer ist als die radiale Schrägerstreckung der Wirkfläche (24),
- 15     - und mit einer an der zweiten Schleifspindel (13) angeordneten und durch diese angetriebenen zweiten Schleifscheibe (16), die einen kleineren Durchmesser als die erste Schleifscheibe (14) aufweist und zum Innenrundscheifen der Längsbohrung (20) des Maschinenbauteils (5) bestimmt ist.
- 20
- 25     10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Anordnung von zwei Schleifspindeln (12, 13) an dem Schleifspindelstock (10) deren Achsen parallel zueinander verlaufen und die beiden Schleifscheiben (14, 16) an derselben Seite des Schleifspindelstocks (10) angebracht sind.
- 30     11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Schleifspindelstock drei Schleifspindeln im Winkelabstand von jeweils 120 Grad mit je einer Schleifscheibe angebracht sind.
- 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Spanneinrichtung ein Spannfutter (3) mit zentral verstellbaren Spannbacken (4) ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Spanneinrichtung sich auf einem Schleiftisch (7) befindet, der gegenüber dem Schleifspindelschlitten (9) in der Rotations- und Längsachse (17) des Maschinenbauteils (5) verfahrbar ist.

5

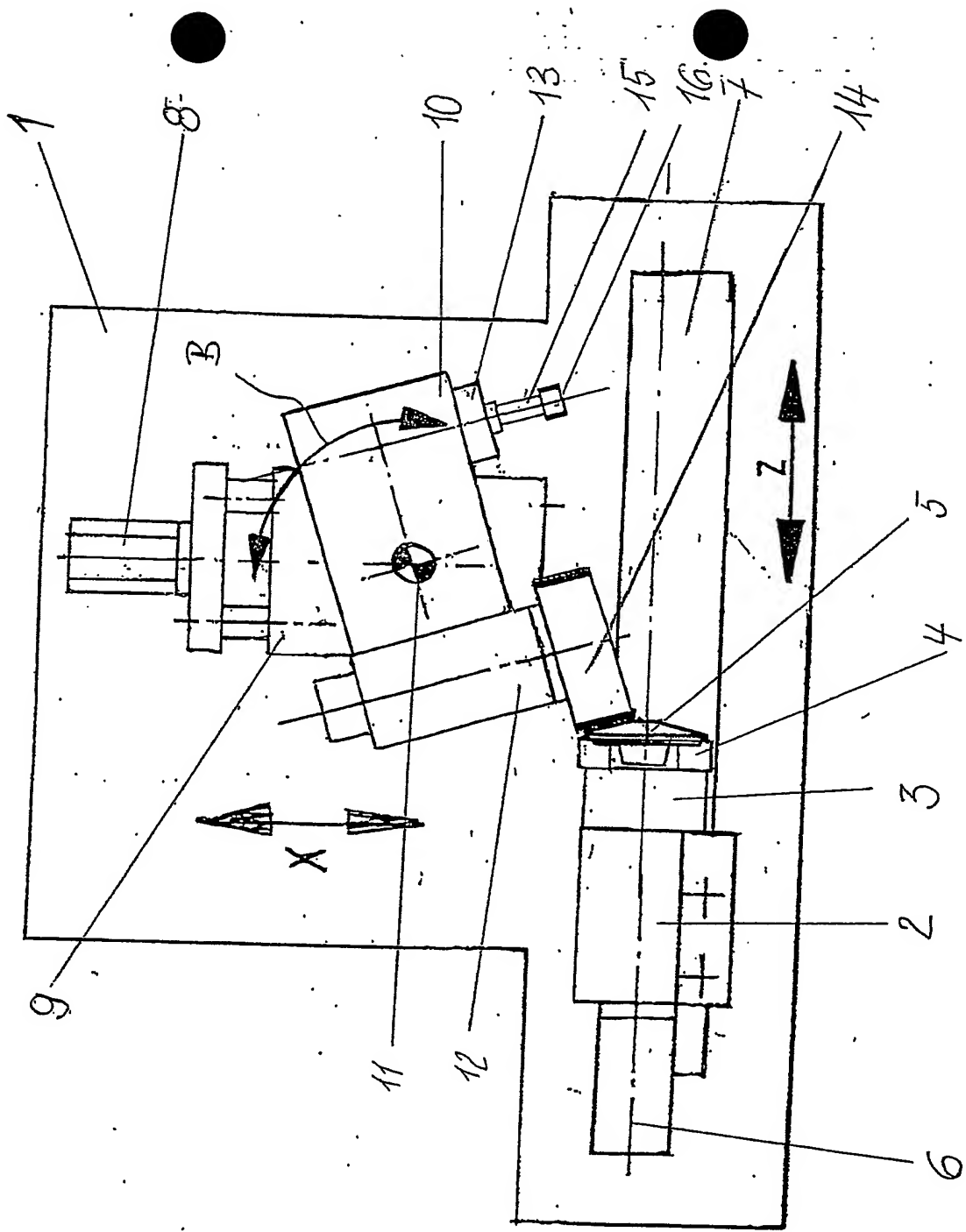


Fig. 1

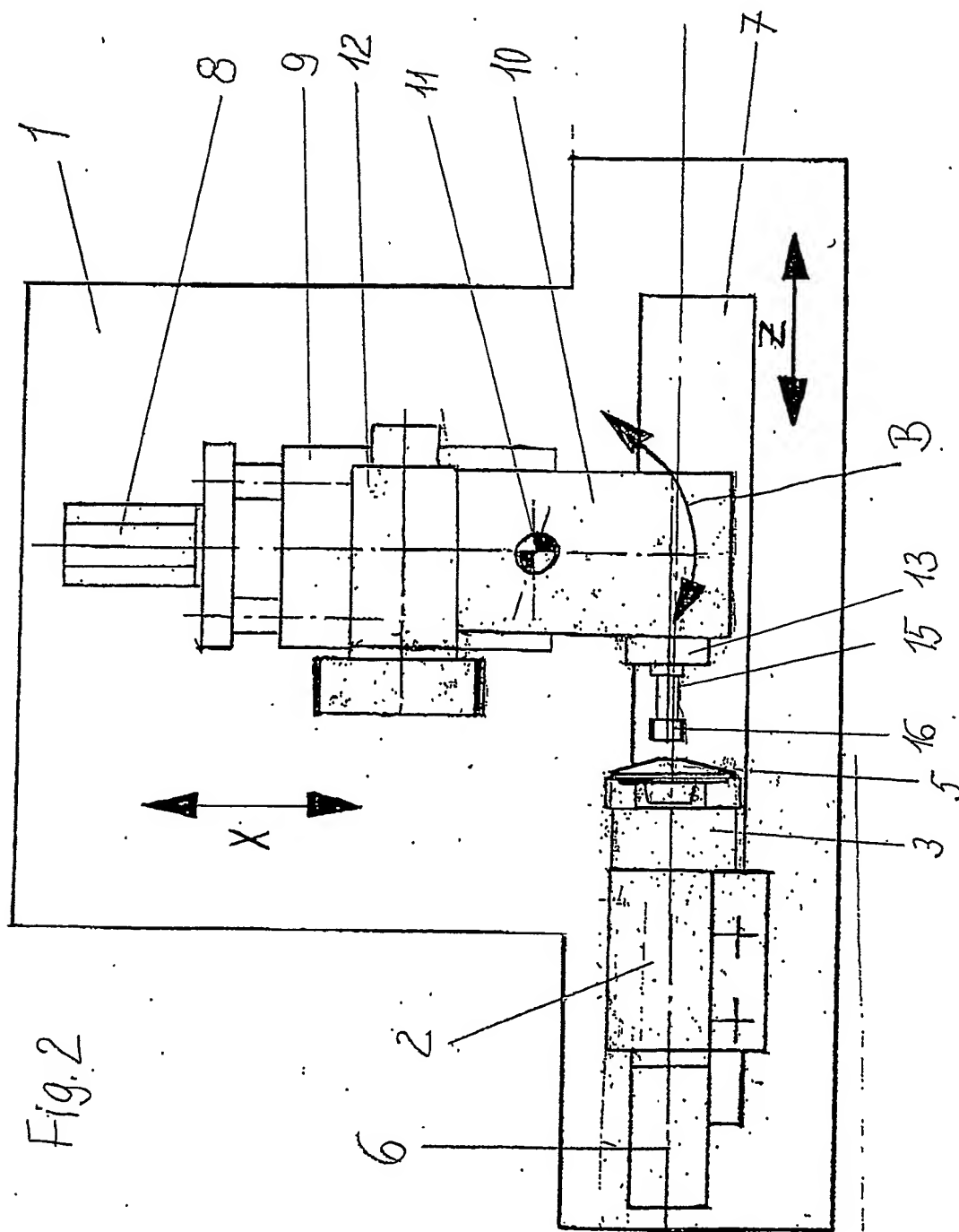
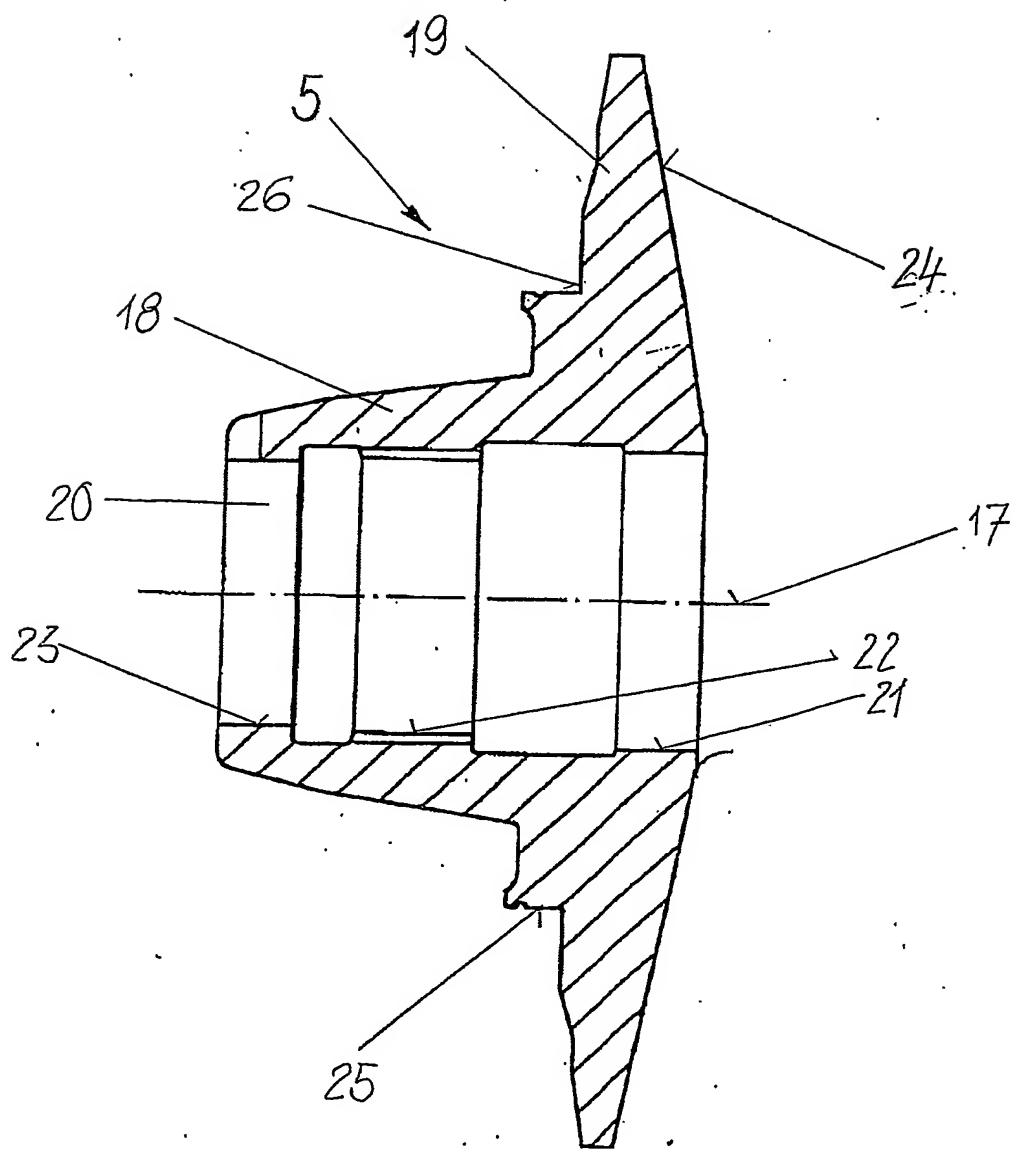


Fig. 3



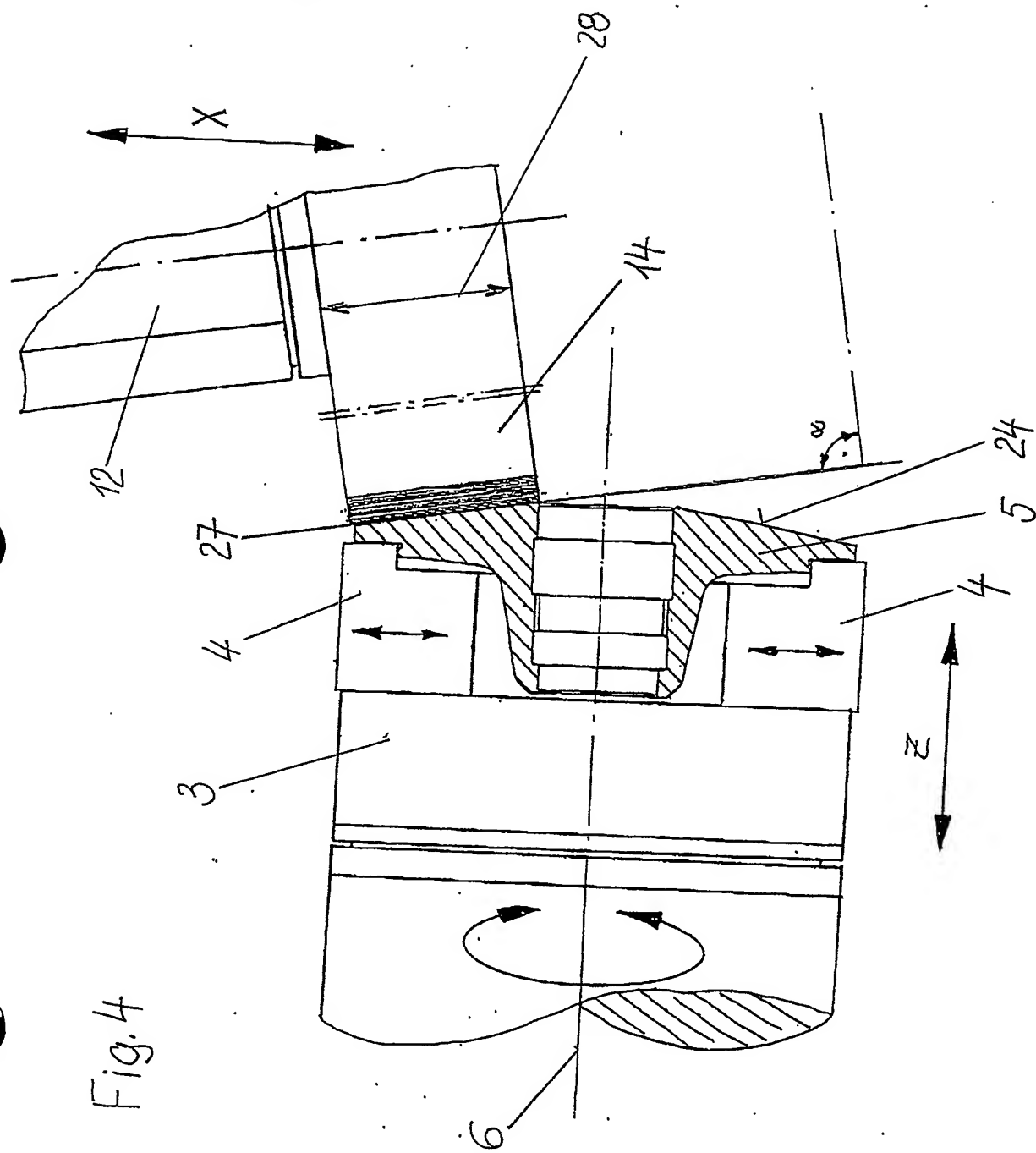
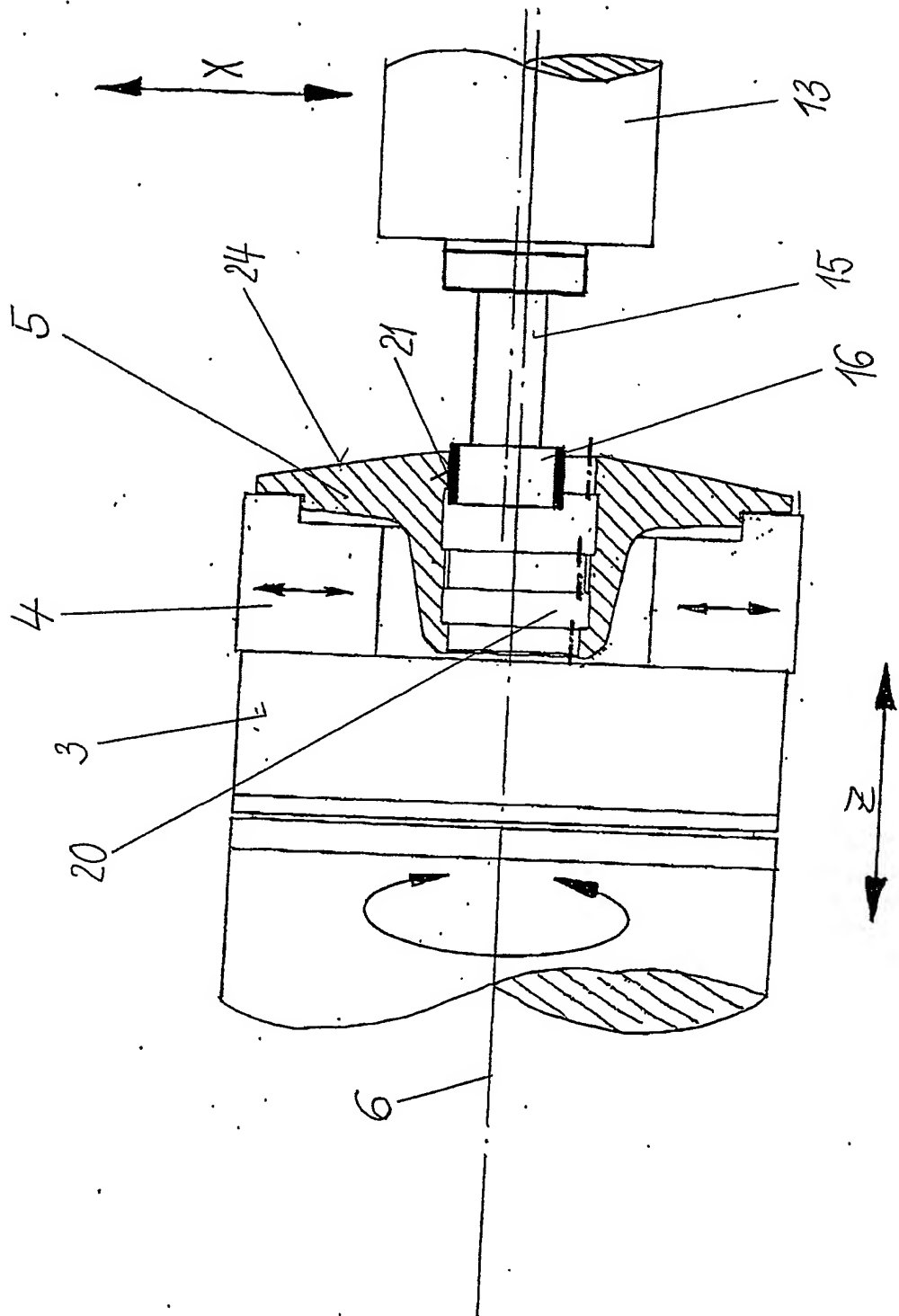


Fig. 5





Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH  
J81261DE

5. August 2002  
F/Le/My/hs

5

### Zusammenfassung

Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schleifen eines mit einer Längsbohrung versehenen rotationssymmetrischen Maschinenbauteils vorgeschlagen. Das

10 Maschinenbauteil (5) hat eine kegelige Wirkfläche. Zur Bearbeitung dient eine Vorrichtung mit einem Maschinenbett (1), einem längs verfahrbaren Schleiftisch (7) und einem darauf befindlichen Werkstückspindelstock (2), der zur Drehung angetrieben ist und über ein Spannfutter (3) mittels Spannbacken (4) das Maschinenbauteil (5) einspannt. Es liegt eine gemeinsame Längsachse (6) des Werkstückspindelstocks und Maschinenbauteils

15 (5) vor. Durch Längsverfahren des Schleiftisches (7) wird die kegelige Wirkfläche des Maschinenbauteils (5) nahezu senkrecht gegen die erste Schleifscheibe (14) gefahren und dadurch im Senkrechtschleifverfahren geschliffen. Der zugehörige Schleifspindelstock (10) hat neben der ersten Schleifspindel (12) für die erste Schleifscheibe (14) auch eine zweite Schleifspindel (13) für eine zweite Schleifscheibe (16), die an einem Schleifstift

20 (15) befestigt ist. Der Schleifspindelstock (10) ist um eine lotrechte Achse (11) schwenkbar an einem Schleifspindelschlitten (9) befestigt, der über einem Verstellmotor (8) in Richtung der X-Achse verfahren werden kann. Mit B ist die Schwenkrichtung des Schleifspindelstocks (10) bezeichnet; X und Z sind die üblichen Achsen der CNC-Technik.

25 Ersichtlich kann durch seitliches Verfahren und Schwenken des an dem Schleifspindelschlitten (9) befindlichen Schleifspindelstocks (10) die erste Schleifscheibe (14) aus dem Bereich des Maschinenbauteils herausgefahren und die zweite Schleifscheibe (16) zum Innenschleifen einer Längsbohrung an dem Maschinenbauteil (5) zur Wirkung gebracht werden. Das Verfahren hat den Vorteil, dass die Wirkfläche im

30 Senkrechtschleifverfahren bearbeitet werden kann und dass Senkrecht- und Innenschleifen in einer einzigen Aufspannung vorgenommen werden können.

Hierzu Figur 1.

Fig. 1

